DER

BLUTFLUSSMESSER

INAUGURAL-DISSERTATION

der medicinischen Facultät

der

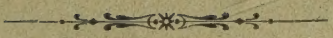
KAISER-WILHELMS-UNIVERSITÄT STRASSBURG

zur Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

ARTHUR HESSE

aus Hamburg



STRASSBURG

Elsäss. Druckerei u. Verlags-Anstalt, vorm. G. Fischbach

1889

DER

BLUTFLUSSMESSER

INAUGURAL-DISSERTATION

der medicinischen Facultät

der

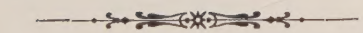
KAISER-WILHELMS-UNIVERSITÄT STRASSBURG

zur Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

ARTHUR HESSE

aus Hamburg



STRASSBURG
Elsäss. Druckerei u. Verlags-Anstalt, vorm. G. Fischbach
1889

Gedruckt mit Genehmigung der medicinischen Facultät der Universität Strassburg.

Referent : **Prof. Dr. Goltz.**

Schon die Alten hatten, obwohl ihnen nur eine Art von Gefässen bekannt war, die sie mit φλέβες bezeichneten, und obwohl nach ihrer Ansicht die Gefässe, die wir Arterien nennen, das πνεῦμα, also Luft enthielten und deshalb beim Anschneiden zischten, doch bei ihrer feinen Beobachtungsgabe zwei Arten des Blutaustritts kennen gelehrt. So finden wir Ilias V, 113 die Worte:

„Hell durchspritzte das Blut die geflochtenen Ringe des Panzers" und Ilias XX, 476 ist wieder das Blut „spritzend" genannt.

An andern Stellen dagegen „strömt" oder „fliesst" das „dunkle" Blut allmählich hervor; so Ilias IV, 140: „Dass ihm sogleich vorströmte das dunkelnde Blut aus der Wunde" und gleich darauf:

„Also umfloss, Menelaos, das färbende Blut dir die Schenkel."

Diese leicht durch andere zu ergänzenden Beispiele mögen genügen, zu zeigen, dass schon Homer unterschied zwischen arterieller und venöser Blutung, wenn auch ohne sich der Gründe dieses Unterschiedes bewusst zu sein.

Galen (131-201 n. Chr.) widerlegte durch Vivisectionen die irrige Anschauung, dass die Arterien Luft führten, doch erst durch die grösste aller physiologischen Entdeckungen, durch Harvey's Lehre vom Kreislauf wurden die Gründe aufgeklärt, warum die Arterie in hellrothem Strahle spritzt, die Vene dagegen unter gewöhnlichen Umständen das dunklere Blut nur im schwachen Strahle oder auch nur tropfenweise nach aussen gelangen lässt. —

Die näheren Umstände kennen zu lernen, welche bei der Blutung eines Thieres eine Rolle spielen, wird für den Physiologen und für den Pathologen gleich interessant sein. In so sehr vielen Fällen sehen wir die Gesundheit und das Leben der Menschen durch den Austritt von Blut aus dem Körper gefährdet. So bei Verletzungen, besonders wenn, wie im Kriege, keine Hülfe zur Hand ist, oder wenn Eröffnungen grosser Gefässe in selbstmörderischer Absicht ausgeführt wurden; ferner bei den chirurgischen Operationen, bei Geburten, Aderlässen, u. s. w. Für den Physiologen knüpfen sich an den Verblutungsvorgang — oder sagen wir besser, da wir unter Verbluten ein Bluten bis zum Tode verstehen, an den Verlauf einer Blutung — eine grosse Reihe wichtigster Fragen, die bereits von den verschiedensten Seiten in Angriff genommen worden sind.

Beschäftigen wir uns vor allem mit dem mehr in die Augen springenden, und in Anbetracht der damit verbundenen Gefahr wichtigeren Vorgang des Spritzens der Arterie.

Zunächst konnte die Frage gestellt werden, wie hoch denn ein aus der Arterie dringender Blutstrahl sich erhebt. Mit der Beantwortung dieser Frage wäre auch zu gleicher Zeit die Geschwindigkeit bestimmt, mit der das Blut die Arterie verlässt. Letztere Grösse aber muss von besonderem Werthe sein, weil wieder durch sie die Blutmenge sich ableiten lässt, die das Individuum auf diese Weise verliert. Offenbar ist aber die Blutmenge für die Gefährlichkeit der Blutung massgebend und somit von grösstem praktischen Interesse.

Die Geschwindigkeit, mit der ein Flüssigkeitsstrahl aufsteigt, ist bekanntlich dieselbe, wie diejenige, die die Flüssigkeitstheile durch die anziehende Kraft der Erde erhalten, wenn sie von der Höhe, bis zu der der Strahl aufsteigt, herabfallen. Es liesse sich also in einfachster Weise diese Geschwindigkeit aus der Steighöhe des Blutstrahls ableiten. Aber der Messung dieser Grösse stellen sich besondere Schwierigkeiten entgegen. Einmal vertheilt sich der aufsteigende Strahl in einzelne Tropfen, die zu sehr verschiedenen Höhen gelangen, wodurch die Beobachtung erschwert, und ein zu nehmender Mittelwerth äusserst unsicher wird. Dann hängt ferner die Höhe des Flüssigkeitsstrahls von verschiedenen Bedingungen ab, die bei der Arterie schwer her-

zustellen resp. zu controlliren sind. Der lothrecht aufsteigende Strahl gelangt zu geringerer Höhe als der etwas geneigte, weil die zurückfallenden Tropfen ihm ein Hinderniss auf seinem Wege sind. Es würde also darauf ankommen, die Richtung des austretenden Strahles genau beherrschen zu können und dieses erscheint nur möglich durch Einsetzen einer Canüle in das Ende der Arterie, die man dann in irgend einer Weise festzustellen hätte. Nun tritt uns aber eine neue Schwierigkeit entgegen. Die Steigkraft der austretenden Flüssigkeit hängt sehr wesentlich von der Gestaltung des Endes des Ausflussrohres ab. Bekanntlich bewirkt bis zu einem gewissen Grade die Verkleinerung der Ausflussöffnung ein höheres Steigen des Strahles, wodurch aber zu gleicher Zeit die Gesamtmenge der in der Zeiteinheit austretenden Flüssigkeit herabgesetzt wird. Man sieht nicht recht ab, wie man beim Einfügen einer Canüle in die Arterie die natürlichen Verhältnisse, die beim arteriellen Blutfluss sonst eine Rolle spielen, nachahmen könnte. So würde z. B. eine Canüle, deren Lumen weiter ist als das der spritzenden Arterie, eine grosse Abnahme der Steighöhe zur Folge haben, während doch dadurch die Menge des ausfliessenden Blutes entweder nur wenig verkleinert oder vergrössert, jedenfalls nur unbedeutend verändert werden würde. Eine Verschiedenheit der Lumina von Canüle und Arterie ist aber bei den Veränderungen, die das Lumen während des Blutaustritts durchmacht, gar nicht zu umgehen.

So sehen wir denn, dass uns die Messung der Steighöhe des austretenden Blutstrahls nicht zum gewünschten Endresultat, nemlich der Kenntniss der in der Zeiteinheit austretenden Blutmengen verhelfen würde, und nicht einmal zu einer ungefähren Schätzung dieser Grösse, mit der uns in diesem Falle schon gedient wäre. Denn, um es hier gleich ausdrücklich zu betonen, wir verlangen für die hier in Betracht kommenden Grössenangaben keine Genauigkeit, wie sie der Physiker oder im Besonderen der Hydrauliker bei seinen Untersuchungen anstreben muss. Wir wollen nur die Grundzüge der Erscheinung kennen lernen; wenn wir daher die bisher vorhandenen Untersuchungsmethoden als unzureichend erkennen werden, so sind sie es eben auch für diejenige Genauigkeit, mit der wir uns bei diesen Untersuchungen zufrieden stellen können.

Nachdem der Blutdruck in den Gefässen manometrisch bestimmt worden war, konnte man an die Möglichkeit denken, die aus einer Arterie abfliessende Blutmenge rein theoretisch aus der Höhe des Blutdrucks und dem Querschnitt der spritzenden Arterie zu berechnen. Diese Methode konnte um so verlockender erscheinen, da der Blutdruck in den ersten Secunden nach der Eröffnung auch einer grösseren Arterie, z. B. der Carotis, in seinem Mittelwerthe nicht sehr heruntergeht. Hierdurch wird die Uebereinstimmung zwischen dem austretenden Blutstrahl und einem Wasserstrahl, der aus einem Gefäss mit constantem Niveau ausfliesst, noch grösser. Die Gesetze, nach denen ein Wasserstrahl unter diesen Verhältnissen das Reservoir verlässt, sind von den Physikern bestimmt worden. Torricelli fand zuerst, dass der austretende Strahl eine Geschwindigkeit annimmt, als wären seine Flüssigkeitstheilchen von der Niveauhöhe des Gefässes bis zur Ausflussöffnung frei herabgefallen. Danach lässt sich die Geschwindigkeit des austretenden Strahles und bei bekannter Ausflussöffnung daher auch die Ausflussmenge in der Zeiteinheit leicht aus der Druckhöhe der in Betracht kommenden Flüssigkeit berechnen. Und da dies Gesetz für alle Flüssigkeiten gilt, so würde nicht einmal das specifische Gewicht des Blutes in diese Rechnung einzugehen haben.

Aber auch das Sinken des Blutdrucks, wie es naturgemäss nach längerem Bluten eintritt, stellt der Berechnung der Blutmengen für die späteren Secunden kein Hinderniss entgegen, und wenn auch weniger zunächst wichtig, so würden doch auch die späteren Zeitabschnitte für die Erkenntniss des ganzen Blutungsvorganges nicht unberücksichtigt bleiben dürfen. Eine gleichzeitige Aufnahme der Blutdruckcurve würde aber für jede Secunde während der Verblutung einen mittleren Blutdruckwerth ergeben, und so liesse sich die Berechnung über die ganze Zeit ausdehnen.

Auch einige andere Verschiedenheiten, die sich bei der näheren Vergleichung des arteriellen Blutgefässsystems mit dem Torricelli'schen Gefäss ergeben, stellen keine wesentlichen Hindernisse für die in Frage stehende Berechnung dar. Falls wir in die Wand eines sehr grossen Gefässes, also etwa der Aorta, eine kleine Oeffnung schneiden würden und aus dieser das Blut hervorliessen, würde in der That die Uebereinstimmung mit dem

Torricelli'schen Gefäss eine vollständige sein, denn der auf der arteriellen Wand lastende Seitendruck ist ohne Weiteres dem Flüssigkeitsdruck in dem Torricelli'schen Gefäss gleichzusetzen, indem es nicht darauf ankommen kann, ob dieser Druck durch die Elastizität der Wände eines als geschlossen zu betrachtenden Behältnisses hervorgebracht wird, oder durch die Schwere der in einem offenen Behältniss befindlichen Flüssigkeit. Nun lassen wir aber das Blut nicht direct aus dem grösseren Gefäss, sondern durch eine mehr oder weniger lange Ausflussröhre ablaufen, statt aus der Aorta z. B. aus der Carotis, und es lehrt die Physik, dass es sowohl auf die Länge dieses Ausflussrohres, wie auch auf den Winkel, den es mit der Axe des Gefässes bildet, wesentlich ankommt.

Ein kurzes cylindrisches Ansatzstück vermehrt die Ausflussmenge, wenn es die 4fache Länge des Durchmessers der Oeffnung besitzt; ein längeres Rohr bewirkt dann wieder eine Verminderung. Es giebt also jedenfalls eine Länge der Ausflussröhre, bei welcher wieder dieselbe Menge abströmt, wie wenn gar keine solche vorhanden wäre. Wenn wir die Arterien da durchschneiden, wo sie leicht zugänglich sind und daher auch in Wirklichkeit oft verletzt werden, so stellen sie Ansatzröhren dar, die jedenfalls länger als jene eben erwähnten einflusslosen Röhren sind. Die Verminderung der Ausflussmenge, die hierdurch bedingt werden muss, ist aber nur unbedeutend und könnte vernachlässigt werden.

Es wäre dann ferner der Unterschied zwischen Blut und Wasser in Betracht zu ziehen, der nicht auf dem specifischen Gewicht sondern auf der verschiedenen Viscosität der beiden Flüssigkeiten beruht. Mag dieselbe auch bei dem reinen Torricelli'schen Versuch ebenso wie das specifische Gewicht ohne Einfluss sein, so spielt sie doch jedenfalls bei der Bestimmung jenes Factors eine grosse Rolle, der die wahre Ausflussmenge von der theoretischen unterscheidet. Unseres Wissens ist dieser Factor für Blut nie bestimmt worden, doch scheint uns dem keine Schwierigkeit entgegen zu stehen. Für Wasser beträgt er im Allgemeinen 0,6 und er dürfte für Blut eben wegen seiner grösseren Viscosität etwas kleiner sein. Im Folgenden, wo es uns auf genauere Grössenbestimmungen nicht ankommen wird, werden wir ihn zu 0,4 annehmen. Hierin mag dann auch die Reibung des Blutes an den

Wänden der Ausflussröhre (Carotis) Berücksichtigung gefunden haben.

Somit wäre denn alles angethan, die Ausflussmenge aus Blutdruck und Arterienquerschnitt zu berechnen, und wir wollen hier eine solche Berechnung anstellen, weil es zum Vergleich mit den von uns beobachteten Resultaten interessant ist, diese Zahlen kennen zu lernen, auch wenn sie sich nur ungefähr bestimmen lassen.

Der Blutdruck eines Hundes betrage 200 mm Hg., der Durchmesser des Lumens seiner Carotis sei d = 3 mm.

Das Torricelli'sche Theorem lautet:

$v = \sqrt{2gh}$, wenn wir mit v die Geschwindigkeit, mit h die Höhe des Niveaus über der Oeffnung und mit g die Erdbeschleunigung bezeichnen.

Die Ausflussmenge, A, ergiebt sich, wenn wir den Querschnitt der Oeffnung mit q benennen,

$$A = vq = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 \sqrt{2gh}.$$

Setzen wir die angenommenen Werthe in diese Formel ein, so erhalten wir

$$A = 51{,}4$$

Diese Grösse mit dem oben besprochenen Factor 0,4 multiplizirt, ergiebt

20,56 cc. Blut.

Es müssten also 20,56 cc. Blut in der ersten Secunde aus der durchschnittenen Carotis herausspritzen.

Diese Berechnung stimmt nun aber mit der Wirklichkeit auch nicht annähernd überein, und es erhellt daraus, dass auf theoretischem Wege, wie wir ihn eben durchgegangen sind, auch nicht einmal eine Schätzung der ausfliessenden Blutmenge möglich ist. Und zwar liegt der Grund hierfür in den folgenden wichtigen, unseres Wissens bisher nicht erörterten Verhältnissen.

Betrachten wir zunächst wieder unser starrwandiges Torricelli'sches Gefäss mit einem ebenfalls starrwandigen Abflussrohr. Bevor wir die Flüssigkeit ablaufen lassen, so lange sie sich also noch in Ruhe befindet, herrscht an jedem Punkt in der Abflussröhre ein hydrostatischer Druck, der sich als Produkt der Höhe

des Niveaus über dem betr. Punkt, der beschleunigenden Kraft der Erde und dem specifischen Gewichte der Flüssigkeit darstellt. Dieser hydrostatische Druck lastet auf den Wänden des Ansatzrohres ebenfalls. Sobald man nun aber die Flüssigkeit ausströmen lässt, geht der hydrostatische Druck in den dynamischen über, welcher um eine dem Quadrate der Ausflussgeschwindigkeit proportionale Grösse kleiner ist. Da die Geschwindigkeit des Flüssigkeitsstromes in der Ausflussröhre an jeder Stelle umgekehrt proportional dem Querschnitt ist, so lässt sich leicht zeigen, dass der dynamische Druck nicht nur bis auf Null abnehmen, sondern sogar negativ werden kann.

Diese Verhältnisse sind aber zunächst nur für starrwandige Röhren gültig. Handelt es sich um elastische Röhren, wie sie die Arterien, wenn wir zuvörderst von ihrer activen Contractilität absehen, darstellen, so wird mit der Abnahme des Druckes auf die Gefässwand auch sofort eine Verkleinerung des Lumens einhergehen. Bei dem Druck null ist die Arterie völlig entspannt, und wird der Druck negativ, so flacht der äussere Luftdruck das bisher noch kreisrund gebliebene Lumen ab, wodurch die Arterienwand an dieser Stelle gewisser Massen in den Flüssigkeitsstrom selbst hineingedrückt wird. Da nun letzterer gegen die eingesunkene Arterienwand, wenn auch unter einem sehr flachen Winkel anströmt, so hebt er dieselbe sofort wieder empor, und da es zu keinem stabilen Gleichgewicht zwischen dem Luftdruck und der eben genannten Wirkung des Blutstroms kommt, so schwirrt hier die Arterienwand zwischen den beiden Lagen hin und her.

In einem elastischen, aber cylindrischen Abflussrohr, also in einer normalen Arterie kann es freilich unter gewöhnlichen Umständen nie zum negativen Druck kommen; derselbe tritt aber sofort ein, sobald wir an einer Stelle durch Compression das Lumen künstlich verkleinern, sodass hier die Geschwindigkeit plötzlich eine sehr viel grössere wird. Führen wir die Compression mit den Fingern aus, so fühlt man deutlich das Schwirren; man hört unter geeigneten Umständen ein tönendes Geräusch und kann die einzelnen Bewegungen auch sehen. Dass die Finger dabei keine Rolle spielen, geht daraus hervor, dass der Versuch ebenso gut mit einer Klemmschraube ausgeführt werden kann. Auch kann natürlich jeder nicht zu dickwandige Gummischlauch die Arterie ersetzen.

Wie oben gesagt, hängt die Grösse des dynamischen Drucks von der Geschwindigkeit ab, und diese ist in den normalen, uneröffneten Carotiden nicht genügend gross, um bei der Compression das Schwirren zu erzeugen. Sind aber die peripheren Widerstände sehr klein, und dadurch die Geschwindigkeit sehr gross, so zeigt jede Carotis dies Phänomen. So kann man es, wie mir Herr Prof. Ewald mittheilt, jedesmal erzeugen, wenn man eine Zeit lang mit einem Hämomotor das Blut durch die Carotis gepresst und dadurch die peripheren Widerstände gewaltsam eröffnet hat. Entfernt man dann den Hämomotor von der Carotis, so genügt eine leise Compression mit den Fingern, um deutliches Schwirren hervorzubringen.

Wenn also auch beim Ausfliessen aus der durchschnittenen Carotis ein negativer Druck in der Arterie unter gewöhnlichen Umständen nicht entsteht, so sinkt doch andererseits der Druck auf die Gefässwand bis nahe zur Null herab. Wir haben dies auch experimentell in folgender Weise festgestellt:

Eine kleine Messingröhre, deren Lumen 3 mm Durchmesser hatte, und die etwa 10 cm lang war, ist mit einem Reservoir durch einen weiten Gummischlauch verbunden. Schliesst man die Röhre, so entspricht der Druck in derselben 200 mm Hg., so dass sie die Druckverhältnisse in einer Carotis darstellt. Um nun zu sehen, ob während des freien Abflusses aus dieser Röhre positiver oder negativer Seitendruck auf der Gefässwand vorhanden ist, so war ein kleines Seitenrohr von derselben Dicke genau rechtwinklich an der Röhre angebracht. Es ergab sich, dass während des freien Ausfliessens durch dieses Seitenrohr nicht nur kein Wasser ausfloss, sondern noch Luft angesogen wurde, die den aus dem ersten Rohr hervortretenden Wasserstrahl undurchsichtig machte. Sobald man die Seitenöffnung verschloss, wurde diese Trübung des Strahles aufgehoben.

Wurde der dynamische Druck in der Röhre verringert, indem einfach die Höhe des Reservoirs verkleinert wurde, so floss das Wasser aus beiden Oeffnungen, aus der graden sowohl wie aus der Seitenöffnung heraus.

Wir sehen aus diesem Versuch, dass eine Druckhöhe von 200 mm Hg. bereits im Stande ist, den Seitendruck in einem starrwandigen Ausflussrohre negativ zu machen. In einem elastischen und flexiblen Rohr, wie es die Arterie darstellt, kann ein derartiger

negativer Druck natürlich nicht entstehen, aber die Seitenwand wird vollkommen entlastet werden. Wir versuchten auch dies experimentell zu prüfen, und da sich eine rechtwinklige Abzweigung aus einer Arterie nicht finden lässt, so bestimmten wir die Dicke einer Carotis das eine Mal, während der statische Druck von 200 mm Hg. auf den Wänden lastete (also während des Verschlusses der Arterie), das andere Mal bei freiem Abfluss aus derselben. Wir bekamen auf diese Weise zwar immer eine Differenz in der Dicke der Arterie, aber dieselbe war wegen der Unzulänglichkeit unserer Messmethoden sehr schwankend; zudem konnten die Arterien nicht als normal betrachtet werden, weil sie bereits zu lange aus dem Körper entfernt waren. Wir haben diese Versuche nicht weiter verbessert und fortgeführt, weil uns der Uebertragung der Verhältnisse von der starren Röhre auf die elastische keine Schwierigkeit entgegenzustehen scheint.

Entsprechend diesem Heruntergehen des Drucks auf die Gefässwand wird natürlich das Lumen der Arterie kleiner, und indem wir auch hier noch von dem durch nervöse Einflüsse noch hinzukommenden Contractionen absehen wollen, auf diejenige Weite reducirt, welche einer aus dem Cadaver genommenen Arterie entspricht.

Es kommt nun aber noch zu dieser aus physikalischen Gründen eintretenden Verengerung des Arterienlumens eine durch Nervenvermittlung bedingte active Contraction hinzu, wie dies deutlich aus dem Vergleich des Lumens der spritzenden Arterie mit dem Lumen der cadaverösen hervorging. —

Zwingt uns so der Weg der rein mathematisch-physikalischen Betrachtung zur Umkehr, weil wir auf ihm nicht zum Ziele gelangt sind, so bleibt uns noch die andere, rein physiologisch-empirische Bestimmungsmethode.

Schneiden wir ein Gefäss an und messen, wie viel in der Zeiteinheit ausfliesst!

Vorher ein kurzer Ueberblick über das, was bisher zur Lösung dieser Frage geschehen ist.

Wenn auch nicht mit der Bestimmung der Geschwindigkeit, bzw. der in der Zeiteinheit ausfliessenden Blutmenge, so haben sich doch verschiedene Autoren schon mit dem zeitlichen Verlauf der Blutung, mit ihren Wechselbeziehungen zum Blutdruck, mit

ihrer Beeinflussung durch nervöse Reize u. s. w. beschäftigt. Immerhin sind ihre Untersuchungen für uns interessant.

Nur bei einem Autor finde ich eine gelegentliche Angabe über die Geschwindigkeit, mit welcher das arterielle Blut hervorströmt. Lesser[1]) macht mit Hülfe des weiter unten noch zu besprechenden Tappeiner'schen Apparates eine Annäherungsbestimmung. In einem Versuch nemlich giebt er die mittlere Ausflussmenge in der Secunde an, die er durch Division der Anzahl Secunden, die ein Aderlass dauert, in die Zahl der ausgeflossenen cc Blut erhält. So findet er bei einem Hund von 6,34 Kilo Körpergewicht, dass in den ersten 7 Secunden 58 cc Blut aus der A. carotis ausfliessen, oder die Division ausgeführt, dass das Blut mit einer mittleren Geschwindigkeit, welche 8,2 cc pr. Secunde entspricht, aus der Arterie entströmt. In dem darauffolgenden Aderlass erhält Lesser pr. Secunde im Durchschnitt 11,4 cc, wobei zu beachten ist, dass zwischen den beiden Blutentziehungen eine nicht näher angegebene Zeit verflossen ist. In den dann folgenden Aderlässen nehmen die ausfliessenden Blutmengen ganz bedeutend ab. Ueber die Weite der benutzten Arterie findet sich bei diesem Versuche leider keine Angabe.

Worm-Müller's[2]) Versuche weichen von den eben beschriebenen dadurch ab, dass er die Aderlässe nicht nach der Zeit, sondern nach der Menge des gewonnenen Blutes begrenzt. Er entzieht z. B. je 50 cc Blut und bestimmt nun die Zeit, die jeweils nöthig ist, um diese Menge zu gewinnen. Seine Beobachtung bestand darin, dass eine ziemliche Entleerung geschehen kann, ohne dass eine bedeutende Aenderung der Geschwindigkeit des Ausflusses eintrat. Von da an aber trat bei weiterer Blutentziehung eine sehr bedeutende Verlangsamung des Ausfliessens ein, indem sich während der vierten Entleerung die Ausflussgeschwindigkeit auf den vierten Theil der ursprünglichen reducirt hatte.

Tappeiner[3]), dessen Apparat weiter unten erwähnt werden soll, sucht den Einfluss der Durchschneidung des Halsmarkes und der Nn. splanchnici auf den Blutausfluss zu bestimmen. Kronid Slavjansky[4]) dagegen befasst sich mit der Aenderung,

[1]) Berichte der sächsischen Gesellschaft der Wissenschaft. 1874.
[2]) Ibidem. 1873.
[3]) Ibidem. 1872.
[4]) Ibidem. 1873.

die derselbe durch Reizung der Vasomotoren erfährt und kommt zu gleicher Zeit zu dem Schluss, dass auch die Menge des schon abgelaufenen Blutes von grosser Bedeutung für die Geschwindigkeit des Ausflusses ist.

Endlich möchte ich noch auf eine Arbeit eingehen, die geradezu den Titel: « Ueber arterielle Blutungen » trägt. Sie wurde von Kireeff[1]) unter Kronecker in Berlin ausgeführt. Auch Kireeff begnügte sich, gewisse Quanta Blut zeitlich getrennt aufzufangen, und die Zeit zu bestimmen, die das Thier nöthig hatte, um diese Mengen zu liefern, wobei er dann die verschiedensten Versuchsanordnungen traf.

Seine uns hauptsächlich interessirenden Resultate sind: Auf den Ausfluss des Blutes hat die Contraction des Gefässes einen vermindernden Einfluss. Zweitens, es ändert sich die Ausflussgeschwindigkeit unabhängig vom Blutdruck.

In seinem Versuch Nr. 14 erhält Kireeff bei einem Hund von 4 Kilo Körpergewicht und einem Blutdruck von 156 mm Hg. aus der A. cruralis in den ersten 12 Secunden nur 20 cc. Blut, nach einer Pause von etwa $1^1/_2$ Minuten bei einem Blutdruck von 146 mm — also bei einem geringeren — in 6 Secunden — also der Hälfte der Zeit — 30 cc. Blut.

Dieses und ähnliche Resultate in der Arbeit von Kireeff stimmen mit den unsrigen nicht überein und können wir die Vermuthung nicht unterdrücken, dass es sich in den Fällen, wo bei höherem Blutdruck und in sehr viel längerer Zeit bedeutend weniger Blut ausgeflossen ist, entweder um verhinderten Abfluss oder um unbeabsichtigte nervöse Reizungen handelte.

In Versuch Nr. 17 liefert ein Hund von $6^1/_2$ Kilo aus der A. cruralis in 2,5 Secunden 30 cc. Blut, d. h. in der Secunde durchschnittlich 12 cc. Da aber hier keine Angabe über die Blutdruckhöhe, auch nicht eine ungefähre solche über die Weite der benutzten Arterie vorliegt, so giebt der Versuch keine Antwort auf die von uns zunächst angeregte Frage: Mit welcher Geschwindigkeit strömt das Blut in der ersten Secunde aus einer Arterie von bestimmter Weite bei bekanntem Blutdruck, und wie ändert sich diese Geschwindigkeit im Verlauf der continuirlichen Blutung?

[1]) Archiv für Phys. und Anatomie. 1883. Verhandlungen der physiologischen Gesellschaft vom 20. Juli.

Der Blutflussmesser.

Am besten würde unsern Zweck ein Instrument erreichen, welches in jedem Augenblick die Menge des ausgeflossenen Blutes angeben würde. Also etwa eine Wage, welche während des Versuches durch das ausfliessende Blut belastet wird, und die diesen Belastungen entsprechenden Ausschläge registrirt. Leider stellen sich einem solchen Instrument unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen. Die Wage müsste nemlich eine grosse Empfindlichkeit besitzen, da es beim Abfluss, namentlich aus den Venen auf ein Centigramm ankommen kann und bei dieser Empfindlichkeit müsste sie doch ganz frei von Eigenschwingungen sein, was bei der Gewalt, mit der namentlich das arterielle Blut aus dem Körper tritt, schwierig zu erreichen sein würde. Aber auch diese Einrichtung vorausgesetzt, so würde stets mit ihr, der Dämpfung der schwingenden Magnete vergleichbar, eine zeitliche Verschiebung des Ausschlages eintreten, welche allein schon diese Methode ungeeignet machen würde.

Auf eine andere Art versuchte Tappeiner[1]) schon im Jahre 1872 die von uns gewünschte Verblutungsgeschwindigkeit zu ermitteln. Er liess das Blut direct aus der Arterie unter das Quecksilberniveau des einen weiten Schenkels eines Hg-Manometers fliessen, während sich in dem andern engen Schenkel ein Schwimmer befand, der durch Hebelübertragung auf einer rotirenden Trommel die continuirliche Steigung des Niveaus registrirte. Schon von Basch[2]) sagt über den Tappeiner'schen Apparat aus, dass der Widerstand im Bereiche des gesamten Messapparates nicht für so gering zu erachten sei, als es auf den ersten Blick scheinen möchte. Und in der That hat ja auch das ausfliessende Blut die Trägheit der Quecksilbermasse zu überwinden, wodurch die ermittelte Geschwindigkeit kleiner wird, als einem freien Abfliessen aus der Arterie entsprechen würde.

Von einem ganz andern Vorhaben ausgehend, in der Absicht das Blutvolum zu bestimmen, das den Querschnitt eines Gefässes in einer bestimmten Zeit unter verschiedenen Versuchsbedingungen passirte, wollte Kronid Slavjansky[3]) die aus dem geöffneten

[1]) Berichte der sächsischen Gesellschaft der Wissenschaft. 1872.
[2]) Ibidem. 1875.
[3]) Ibidem 1873.

Gefäss hervorströmende Flüssigkeitsmenge messen. Er construirte sich zu dem Zwecke einen etwas vom Tappeiner'schen abweichenden Apparat, indem er das Blut nicht direct in das Manometer, sondern in einen leeren Gummiballon fliessen liess, der sich in einem ganz mit Wasser gefüllten Glasgefäss befand. Beim Einfliessen des Blutes in den Ballon wurde das Wasser verdrängt und bewirkte nun seinerseits ein Steigen des registrirenden Manometers. Der Autor selbst verwahrt sich gegen den Verdacht, als ob er im Sinne hätte, die beobachteten Ausflussgeschwindigkeiten mit den natürlichen zu identifiziren. Keineswegs sei der Widerstand in dem Kautschukbeutel als verschwindend klein anzusehen. Also auch hier kein freier, ungehinderter Ausfluss, keine Antwort auf die von uns gestellte Frage.

Bei dieser Sachlage mussten wir also auf die continuirlichen Messungen verzichten, und es bleibt dann nur übrig, Abschnitte des austretenden Blutstrahls, welche einer oder mehreren Secunden entsprechen, gesondert aufzufangen und zu messen.

Die Trennung dieser Abschnitte geschieht am besten so, dass man dieselben in gesonderten Gefässen auffängt, und daraus ergiebt sich bereits die Construction eines derartigen Apparates. Es muss eine grosse Anzahl von Gefässen vorhanden sein, in die alle nacheinander das Blut fliesst, und zwar in ein jedes während derselben kurzen Zeitstrecke. Hierbei tritt dann aber noch eine Schwierigkeit auf; lässt man die Gefässe sich mit gleichmässiger Geschwindigkeit unter den Blutstrahl fortbewegen, etwa in der Art, wie dies zur Gewinnung der Blutproben bei dem Hering'schen Versuch geschieht, so wird immer eine nicht unbeträchtliche Blutmenge zwischen die beiden Gefässe gelangen und auf die Weise für den Versuch verloren gehen. Eine besondere Form der dann etwa aus Metall zu verfertigenden Gefässe könnte diesen Fehler sehr verringern, liesse aber zu gleicher Zeit auf die für die Wägungen, für die Reinigung und in Betreff der Billigkeit so practischen cylindrischen Glasgefässe verzichten. — Noch giebt es einen andern Ausweg, den wir auch lange in Erwägung gezogen haben; die Gefässe können sich statt continuirlich derart fortbewegen, dass sie unter dem Strahl immer eine Zeit lang in Ruhe verharren, dann aber mit grosser Geschwindigkeit so weit fortrücken, bis immer das nächste unter dem Strahl zu stehen kommt. Indem hierbei der letztere schnell die Grenze zwischen 2 Gefässen passirt,

muss die betreffende Fehlerquelle sehr verringert werden. Aber abgesehen davon, dass hierdurch der Fehler verkleinert und nicht aufgehoben wird, so lässt sich die grosse Anzahl von Gefässen, besonders wenn sie gefüllt sind, und ihr Inhalt nicht verschüttet werden soll, nicht in der verlangten Weise bewegen.

Herr Prof. Ewald hat die hier vorliegende Aufgabe schliesslich in folgender Weise gelöst. Nicht eine Reihe von Gefässen, sondern deren zwei werden derart nebeneinander unterhalb des Strahls fortbewegt, dass sich nur die eine derselben wirklich senkrecht unter der Ausflussöffnung befindet, während die andere neben derselben vorrückt. Ohne weiteres Hinzuthun könnte sich also nur die eine Reihe der Gefässe mit Blut füllen. Es befindet sich aber noch ein besonderes Instrument, das Herr Prof. Ewald „Ausflussmesser" benannt hat, zwischen der Ausflussöffnung des Blutgefässes und den das Blut auffangenden Gläsern, also unterhalb der ersteren und oberhalb der letzteren. Dieses Instrument (Fig. 1 A und Fig. 2) besteht im Wesentlichen aus einer schwach S-förmig gekrümmten Glasröhre *a*, welche mit Hülfe eines Electromagneten in regelmässigen Zeitabständen so bewegt wird, dass sie das eine Mal den fallenden Blutstrahl gar nicht berührt, das andere Mal aber auffängt und ihn etwas zur Seite über die zweite Reihe der Glasgefässe leitet. Je nachdem also der Electromagnet dieses Instrumentes erregt wird oder nicht, fällt der ausfliessende Blutstrahl in die eine oder in die andere Reihe der Gläser. In dieser Vorrichtung liegt ein ausserordentlicher Vortheil, gewissermassen der „springende Punkt" des Apparates. Während der Zeit nemlich, dass das Blut in die eine Reihe fliesst, kann man in aller Ruhe immer die andere um ein Glas vorwärts bewegen, und wenn nun der Electromagnet seinen Zustand ändert, so findet der hierdurch entwegte oder wieder frei fallende Blutstrahl ein leeres, bereits wieder feststehendes Glas vor. Freilich hat auf diese Weise der Blutstrahl, wenn auch nicht die Ränder der Gefässe, so doch den Rand der electromagnetisch bewegten Ableitungsröhre *a* zu passiren; da aber die Geschwindigkeit, mit der diese dünnwandige Röhre von einer Lage in die andere springt, ausserordentlich gross ist, so geht dabei in der Regel nichts verloren und nur höchst selten ein minimales Tröpfchen. Das Blut, welches in der Ableitungsröhre sich noch nach der Entfernung vom Blutstrahl befindet und noch nachträglich

abläuft (1—2 Tropfen) bringt keine Fehlerquelle mit sich, da es in das Glas abläuft, zu dem es gehört.

Unser Apparat (Fig. 1) besteht im Wesentlichen aus zwei um dieselbe verticale Achse, aber unabhängig von einander drehbaren Scheiben, von 34,5 und 40,5 cm. Durchmesser. Jede derselben trägt an der Peripherie eine Art Geländer *b*, bestimmt, die so dicht wie möglich aneinandergestellten Gefässe zu fixiren. Letztere bestehen aus einfachen geraden Glascylindern C mit flachen Böden von 10 cm. Höhe und 25 mm. Durchmesser. Jede Scheibe trägt auf diese Weise an ihrem äusseren Rande 36 solcher Gläser, so dass wir im Ganzen 72 Bestimmungen ausführen können. Die Gläser auf der unteren Scheibe stehen natürlich etwas tiefer und zugleich etwas weiter von einander entfernt, da sie ja als die mehr nach aussen gelegenen einen etwas grösseren Kreis umschliessen.

An jeder Scheibe befinden sich fest mit ihr verbunden zwei kleinere concentrische Scheiben von 15 cm. Durchmesser; die eine derselben *d* enthält eine Rinne (Schurlauf), um eine um dieselbe gewickelte Schnur aufnehmen zu können. Wird an dieser letzteren gezogen, so dreht sich die Scheibe, indem sich die Schnur abwickelt. Es genügt um die Drehung auszuführen, ein Gewicht von etwa 800 Gramm an die Schnur zu hängen, welche um eine in einiger Entfernung an den Tisch befestigte Rolle (Ewald'scher „Pesenspanner") *e* läuft, wodurch der vertikale Zug des Gewichts in den für den Apparat nothwendigen horizontalen umgesetzt wird. — Die zweite der kleinen Scheiben *f* dient dazu, die Bewegung der Scheibe zu hemmen, und nur zur richtigen Zeit eintreten zu lassen. Die Einrichtung ist folgende: Die Scheibe stellt ein Zahnrad dar mit halb so viel Zähnen, als sich Gläser auf der grossen Scheibe befinden, also 18. Ein doppelarmiger, horizontal gestellter Hebel *g*, den wir den „Durchlasser" nennen wollen, besitzt an seinem einen Ende zwei kleine Platten (Fig. 3 *a* und 3 *b* bei *p*), welche in die Lücken des eben erwähnten Zahnrades eingreifen, und indem ein Zahn gegen eine solche Platte stösst, dasselbe hemmen. Da die Platten um den halben Zwischenraum zwischen zwei Zähnen von einander entfernt sind, und die eine höher als die andere steht, so rückt, wenn ich die höhere durch Bewegung des Durchlassers nach oben bewege, diese aus dem Bereich des durch sie gehemmten Zahnes,

welcher bei der nun erfolgenden Drehung der Scheibe bis zu der untern Platte des Durchlassers fortrückt, gegen welche er stösst. Bewegt sich dann aber der Durchlasser nach unten, so lässt die untere Platte den Zahn wieder frei und die obere fängt den folgenden auf. Man sieht also daraus, dass die Scheibe jedesmal um eine halbe Zahnweite, also um das einem Glas entsprechende Stück fortrückt, wenn man den Durchlasser das eine Mal nach oben, das andere Mal nach unten bewegt. Von der Seite gesehen lassen die beiden Platten *p* keinen Zwischenraum zwischen sich, wie dies in Fig. 1 zum leichteren Verständniss der Verhältnisse falscher Weise gezeichnet ist. Es kann also nie ein Zahn den Durchlasser ohne Bewegung desselben passiren. Wie schon erwähnt, besitzt jede Scheibe diese Einrichtung, und indem man den einen Durchlasser in die linke, den anderen in die rechte Hand nimmt, kann man abwechselnd die beiden Scheiben sich fortbewegen lassen, sodass immer ein folgendes Glas an die Stelle des vorhergehenden rückt zur Zeit, wo der Blutstrahl in ein der andern Reihe angehöriges Glas fliesst.

Die Thiere (Kaninchen, Hunde) wurden in der Rückenlage befestigt und zum Zweck der Operation chloroformirt. Die linke Carotis wurde frei gelegt und in sie eine Canüle gebracht, welche zunächst in der Richtung der Carotis 2 cm lang verlief, darauf im runden Bogen nach aussen gekrümmt war — ebenfalls 2 cm lang — und schliesslich sich wieder im runden Bogen nach unten (auch 2 cm) wandte. Die Arterie wurde auf die Weise also nicht geknickt und das Blut unter Vermeidung von scharfen Ecken aus dem Körper heraus nach unten geleitet. Der senkrecht nach unten absteigende Theil der Canüle wurde in einem Stativ befestigt und dadurch in der Mitte über einem der Gläser des Apparates fixirt. In einer Anzahl von Versuchen, bei denen wir kein Curare anwandten, mussten wir darauf Bedacht nehmen, dass bei Bewegungen des Thieres die in der Carotis steckende Canüle folgen konnte. Wir haben dann den mittleren nach aussen gebogenen Theil derselben einfach durchschnitten und an dieser Stelle ein Stück Gummischlauch eingeschaltet.

Um die Blutgerinnung möglichst zu vermeiden, überzogen wir die Canüle innen mit Vaselin[1]). Ausserdem gaben wir einige

[1]) Freund, Wiener medicinische Blätter, 1886, pag. 296.

Male Blutegelextrakt[1]), von dem wir aber wegen der damit verbundenen starken Herabsetzung des Blutdrucks wieder Abstand genommen haben.

Ferner wurde dem Thier die rechte A. femoralis freigelegt und dieselbe mit einem Blutdruckmesser verbunden. In einigen Versuchen wandten wir das von Hürthle[2]) angegebene Gummimanometer zu unserer grössten Zufriedenheit an, in andern das Ludwig'sche Kymographion mit fortlaufendem Papier. — Schliesslich wurde natürlich in allen Versuchen, in denen Curare gegeben wurde, die Tracheotomie ausgeführt und künstliche Athmung eingeleitet.

Wie aus der obigen Darstellung hervorgeht, muss der Electromagnet des Ausflussmessers während der Zeitdauer einer Secunde den Anker anziehen und ihn dann wieder eine Secunde lang loslassen. Der electrische Strom muss also während einer Secunde geschlossen, während der folgenden geöffnet sein. Die Bowditsch'sche Reizuhr und die ähnlichen Instrumente sind hierfür nicht verwendbar, da sie zwar immer nach regelmässigen Intervallen den Strom schliessen, ihn aber nicht während eines gleich langen Intervalls geschlossen halten. Man kann freilich, wie Fick erfunden hat, mit Hülfe eines einfachen Apparates die Bowditsch'sche Uhr auch zur Erzeugung von gleich langen Schliessungen und Oeffnungen verwenden. Im hiesigen physiologischen Institut befindet sich eine von Prof. Ewald construirte Uhr, welche direct diese Aufgabe löst, und durch die man nach Belieben Schliessungen von bestimmter Dauer erhält.

Es war also der Ausflussmesser, der, wie erwähnt, den Blutstrom bald in die eine, bald in die andere Reihe der Gläser fliessen lässt, mit dieser Ewald'schen Uhr verbunden, und sobald der Electromagnet den Anker angezogen hatte — es floss dann das Blut in den äussern Kranz der Gläser — bewegte ich den Durchlasser, der den innern Kranz der Gläser sich um einen Schritt vorwärts bewegen lässt; sobald aber der Electromagnet den Anker nicht mehr anzog, bewegte ich den andern Durchlasser, wodurch der äussere Kranz wieder einen Schritt macht.

[1]) Haycraft, Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie. Bd. XVIII, pag. 209.

[2]) Pflügers Archiv. Bd. 43.

In dieser Zeit wurde das Blut von einem Glas des inneren Kranzes aufgefangen.

Die Arterie blieb, bis alles Uebrige in Ordnung war, durch eine Arterienklemme geschlossen. Der Ausflussmesser springt bereits hin und her, und nun wird, kurz nachdem er in eine neue Lage übergesprungen ist, die Arterie freigegeben, und es fliesst das Blut in das Glas Nr. O, welches nicht massgebend ist, da der Anfang des Einfliessens nicht durch die Uhr begrenzt wurde. Mit dem Ausströmen des Blutes muss dann auch das Spiel der Durchlasser beginnen. Letzteres ist nach geringer Uebung leicht zu beherrschen und wird ganz bequem, wenn man statt einzelne Secunden anzuwenden, das Blut immer je 2 Secunden lang in ein Glas fliessen lässt, wie wir es gethan haben.

Wir bekamen also die Ausflussmengen von immer je 2 Secunden und haben diese Grössen einfach halbirt, wo wir die Ausflussmenge der einzelnen Secunde angeben.

Der Ausfluss während der 1. Secunde.

Da es nicht möglich ist, den Anfang des Ausfliessens zeitlich genau zu begrenzen, so fliesst immer bereits eine kleine Portion Blut ab, ehe wir mit der Messung beginnen. Dieses zuerst während eines Bruchtheils einer Secunde abfliessende und, wie schon erwähnt, in das Glas Nr. O eintretende Blut lassen wir unberücksichtigt und zählen die erste Secunde erst von dem Momente an, wo das Blut in das Glas Nr. 1 fliesst. Die Bestimmung der in dieser ersten Secunde ausfliessenden Blutmenge war für uns die wichtigste Aufgabe und bietet ohne Frage ein grosses Interesse dar. Für Herrn Prof. Ewald war die Kenntniss dieser Ausflussmenge noch von besonderem Werth, da sie die Grenze der Wirksamkeit eines Hämomotors kennzeichnet. Natürlich kann man mittelst eines Hämomotors nicht mehr Blut durch die Arterie treiben, als dem Instrument vom Herzen zufliesst, und indem der Hämomotor alle peripheren Widerstände für die betr. Arterie überwindet, fliesst das Blut zu ihm hin, als wenn es frei aus der Arterie strömte. Mehr Blut als aus der durchschnittenen Arterie in der ersten Zeit herausfliesst, kann also auch ein Hämomotor nicht durch die uneröffnete Arterie drücken.

Nach unserer obigen (pag. 6) Auseinandersetzung müsste aus einer Arterie mit einem Lumen von 3,4 mm Durchmesser bei einem mittleren Blutdruck von 141 mm Hg. in der ersten Secunde 22,25 cc. Blut ausfliessen, falls sich das Lumen der Arterie nicht verkleinert. Die wirkliche von uns beobachtete Ausflussmenge aus einer Hundecarotis betrug in dem Fall, dem die ebengenannten Grössen entnommen sind, aber nur **7,46 cc.** Also nur etwa den dritten Theil. Berechnet man nun aus dieser Ausflussmenge bei dem vorhandenen Druck von 141 mm Hg. und unter Zugrundelegung des Factors 0,4 (pag. 5) die Weite der Arterie, so ergiebt sich, dass dieselbe nur ein Lumen von 1,97 mm Durchmesser besass.

Bei einem Kaninchen, dessen Carotis ein Lumen von 1,9 mm Durchmesser hatte, müssten bei dem vorhandenen mittleren Blutdruck von 120 mm Hg. 6,41 cc Blut ausfliessen. Die beobachtete Menge betrug aber nur **2,08 cc** oder auch fast genau den dritten Theil derjenigen Menge, die vorauszusetzen war, wenn sich das Lumen nicht verkleinert hätte. Führen wir auch hier wiederum die Berechnung der Verengerung des Lumens in obiger Weise aus, so erhalten wir ein Lumen von 1,08 mm Durchmesser.

Aehnliches haben andere Versuche ergeben, und wir kommen daher zu dem Resultat, **dass beim Hunde sowohl wie beim Kaninchen nur 33 % von derjenigen Blutmenge aus der durchschnittenen Arterie wirklich abfliesst, welche ohne Contractilität abfliessen würde.**

Nimmt man die mittlere Geschwindigkeit in einer Carotis zu 500 mm an, so sieht man, **dass aus der durchschnittenen Arterie beim Hund nur 1,6 mal soviel Blut, beim Kaninchen nur 1,5 mal soviel fliesst, als sich ohne Eröffnung durch dieselbe bewegt.**

Verlauf einer Blutung.

Natürlich fliesst mit Abnahme des Blutdrucks auch weniger Blut aus der Arterie heraus, und man könnte aus dem Sinken der Blutdruckcurve auf die ausgetretenen Blutmengen schliessen, nachdem wir einmal für die erste Secunde die Beziehung zwischen Blutdruck und Ausflussmenge bestimmt haben. Wir geben hier zunächst eine Tabelle von dem ersten Abschnitt des Blutflusses

bei einem Hunde und bei einem Kaninchen, wobei sich die Blutmengen immer auf zwei Secunden beziehen. Der während je zwei Secunden herrschende mittlere Blutdruck ist in einer besonderen Columne angegeben.

Tabelle I. (Vgl. Tafel I.)

Hund 6 Kilo Körpergewicht. Blutung aus Carotis, deren Lumen 3,4 mm Durchmesser hatte. — Blutdruck in der Femoralis bestimmt. — Curare, künstliche Athmung.

I. Zeit.	II. Ausflussmenge in cc.	III. Mittlerer Blutdruck in mm Hg.	IV. Arterienquerschnitt in □mm.	V. Arteriendurchmesser in mm.
Vor Beginn d. Versuchs	7,46	156	9,08	3,40
In den ersten 2 Sec.	14,93	141	3,04	1,97
In den folgenden 2 Sec.	13,27	113	3,02	1,96
»	13,21	105	3,11	1,99
»	10,27	103	2,45	1,77
»	12,42	87	3,22	2,03
»	11,30	101	2,72	1,86
»	11,28	81	3,03	1,96
»	9,26	80	2,50	1,98
»	10,08	67	2,98	1,95
»	8,18	60	2,55	1,80
»	7,96	61	2,47	1,77
»	7,45	50	2,55	1,80
»	6,86	45	2,47	1,77
»	6,23	51	2,11	1,64
»	6,45	38	2,53	1,62
»	5,15	35	2,11	1,64
»	5,87	35	2,40	1,75
»	4,86	35	1,99	1,59
»	4,90	28	2,23	1,68
	u. s. f.			
Summa des gewonnenen Blutes	367,14 cc.			

Tabelle II. (Vgl. Tafel II.)

Kaninchen 2079 gr. Körpergewicht. Blutung aus Carotis, deren Lichtung 1,9 mm. Durchmesser hatte. — Blutdruck in der andern Carotis mit Hürthle geschrieben. — Blutegelextract entspr. 2 1/2 Blutegeln.

I. Zeit.	II. Ausflussmenge in cc.	III. Blutdruck in mm Hg	IV. Arterienquerschnitt in □mm.	V. Arteriendurchmesser in mm.
Vor dem Versuch . . .	1,82	160	2,83	1,9
In den ersten 2 Sec.	4,17	120	0,92	1,08
In den folgenden 2 Sec.	3,80	110	0,86	1,05
»	3,89	105	0,92	1,08
»	3,37	95	0,84	1,03
»	3,23	90	0,84	1,03
»	2,52	85	0,66	0,92
»	2,31	80	0,62	0,89
»	2,25	80	0,61	0,88
»	2,16	78	0,59	0,87
»	1,57	70	0,45	0,76
»	1,53	65	0,46	0,77
»	1,17	60	0,36	0,68
»	1,27	59	0,40	0,71
»	0,84	52	0,28	0,60
»	1,13	50	0,39	0,71
Summa des ausgeflossenen Blutes	77,59 cc.			

Aus unseren Versuchen geht unter anderm hervor, dass, wie auch Kireeff angegeben hat, die Gesammtmenge des aus einer Carotis austretenden Blutes auffallend gering ist und nicht hinreicht, um das Thier zu töten. — Für uns wichtiger ist das Ergebniss der mangelnden Uebereinstimmung zwischen mittlerem Blutdruck und Ausflussmenge. Auch Kireeff hat diese Thatsache geglaubt konstatiren zu können. Wir müssen aber für wahrscheinlich halten, dass seine ungeheuren Unterschiede auf mangelhafte Versuchsanordnung zurückzuführen sind, da sich bei uns immer nur relativ kleine Differenzen ergaben, welche von der Weite des Arterienlumens, also durch nervöse Einflüsse, bedingt sein müssen, da die rein physikalischen Veränderungen, die durch

die Elastizität der Arterien bedingt werden, die Blutmenge im Sinne des Blutdrucks verändern.

Wie oft Blutdruck und Arterienweite antagonistisch auf die ausfliessende Blutmenge einwirken, geht aus Tafel I sehr schön hervor, besonders an den mit einem Kreuzchen versehenen Stellen.

Active Contraction der Arterien während des Blutaustritts.

Unter Zugrundelegung immer desselben Factors 0,4 ergeben sich für die in den obigen Tabellen angeführten Fälle die in der Columne IV angegebenen Querschnitte, und wir sehen hieraus, dass während des Verblutens mit der Abnahme des Blutdrucks die Arterie sich zunächst noch stärker verengert, eine Reaction, welche nur durch active Contraction zu erklären ist, da ja bei Abnahme des Blutdrucks der Seitendruck auf die Gefässwand in Folge der verminderten Geschwindigkeit des strömenden Blutes zunächst wieder zunimmt (vergl. pag. 8). Die Contraction geht, wie aus den Tabellen ersichtlich, nicht in continuirlicher Weise vor sich, sondern zeigt gewisse Schwankungen, welche ebenfalls nur durch die verschiedene Stärke der activen Contraction erklärt werden können, da der Blutdruck keine parallelen Schwankungen zeigt. Ist das Thier schliesslich verblutet, so verharrt die Arterie in der Leichenstarre, dem stärksten Grad der Contraction, und die Messungen, die wir da vorgenommen haben, ergaben ein genügend übereinstimmendes Resultat mit den berechneten Arteriendurchmessern.

Die Verwendung des Blutflussmessers zur Ermittlung der peripheren Widerstände in einem Gefässgebiet.

Da die aus einem durchschnittenen Gefäss hervorströmende Blutmenge nur zu- oder abnehmen kann, wenn entweder der Blutdruck oder die Weite der Gefässe, durch die das Blut nach aussen strömt, sich ändert, so kann man, falls Blutdruck und Ausflussmenge gegeben sind, auf die Veränderung in der Gefässweite schliessen. Wir haben dies schon bei den Arterien gethan, aber es ist ganz besonders diese Methode fruchtbar, um über die Ver-

änderung der sogenannten peripheren Widerstände, d. h. über die Weite der kleinen Arterien und Venen und der Capillaren Näheres zu erfahren. Zu diesem Zwecke misst man mit dem Blutflussmesser die aus einer Vene während gleicher Zeiten hervortretenden Blutmengen und schreibt zu derselben Zeit den arteriellen Blutdruck auf. Es ist klar, dass, wenn der mittlere Blutdruck constant bleibt, Veränderungen der Ausflussmenge entsprechende Veränderungen in der Weite der Gefässe anzeigen. Ebenso muss, wenn der mittlere Blutdruck gesunken ist und die Ausflussmenge trotzdem erhöht, oder wenn der Blutdruck gestiegen ist und dabei die Blutmenge dennoch sich verringert hat, die Ursache hiervon in activer Erweiterung und Verengerung der peripheren Widerstände gesucht werden. Nur für den Fall, dass die Blutmenge sich in gleichem Sinne, wie der Blutdruck ändert, könnte man nicht wissen, welcher Antheil auf die rein physikalischen Verhältnisse, und welcher auf active Veränderung der Gefässe zu beziehen wäre.

Bei der grossen Wichtigkeit, die die peripheren Widerstände für unsere Erkenntniss der Circulation haben, und bei dem geringen Umfang unseres bisherigen Wissens in Bezug auf diese Verhältnisse, scheint die Verwendung des Blutflussmessers eine reiche Ausbeute zu versprechen.

Wir selbst konnten nur eine ganz geringe Zeit auf die Blutflussmessungen aus den Venen verwenden. Zwei der hier in Betracht kommenden Versuche seien mitgetheilt.

Wir liessen die Gläser unseres Apparates in diesen Versuchen nur alle 3 Secunden wechseln und es fanden sich folgende in den Tabellen und Tafeln III und IV dargestellten Mengen :

Tabelle III. (Vgl. Tafel III.)

Mittelgrosser Hund. Blutung aus der linken Jugularis. Curare; künstliche Athmung in weiter unten beschriebener Form.

I. Nummer des Glases.	II. Blutmenge in cc.	I. Nummer des Glases.	II. Blutmenge in cc.
4	0,51	12	0,37
5	0,50	13	0,53
6	0,41	14	0,36
7	0,55	15	0,66
8	0,39	16	0,45
9	0,55	17	0,68
10	0,34	18	0,49
11	0,44	19	0,61

u. s. f.

Tabelle IV. (Vgl. Tafel IV.)

Mittelgrosser Hund. Blutung aus der V. cruralis. Curare; Athmung wie bei III.

I. Nummer des Glases.	II. Blutmenge in cc.	I. Nummer des Glases.	II. Blutmenge in cc.
1	1,06	17	0,52
2	0,73	18	0,31
3	0,82	19	0,31
4	0,88	20	0,29
5	0,68	21	0,31
6	0,54	22	0,28
7	0,53	23	0,32
8	0,48	24	0,27
9	0,50	25	0,35
10	0,41	26	0,32
11	0,54	27	0,37
12	0,67	28	0,27
13	0,61	29	0,43
14	0,32	30	0,56
15	0,57	31	0,49
16	0,14	32	0,41

u. s. f.

Die künstiche Athmung wurde in diesen beiden Versuchen so regulirt, dass immer während dreier Secunden (während das Blut in ein Glas lief) eingeblasen wurde und dann während der nächsten 3 Secunden die Ausathmung geschah. Stets wurde eingeblasen, wenn das Blut in die mit ungraden Nummern bezeichneten Gläser, ausgeathmet dagegen, während es in N° 2, 4 u. s. w. lief.

Da wir wissen, dass während der künstlichen Einathmung (Einblasen von Luft) der mittlere Blutdruck sinkt, und während der Ausathmung steigt, so mussten wir, abgesehen von Veränderungen der peripheren Widerstände während der Einblasung weniger Blut bekommen, als während der Ausathmung. Wie die Tabelle III der Vena jugularis indessen deutlich zeigt, sind die Ausflussmengen während der Einathmung immer grösser und wir müssten daher auf eine aktive Erweiterung der peripheren Widerstände während der Einathmung schliessen. Es scheint daher dieser Versuch zu Gunsten derjenigen Theorien zu sprechen, welche die Athmenschwankungen der Blutdruckcurve von Veränderungen der peripheren Widerstände abhängig machen. Der Versuch scheint aber deswegen nicht eindeutig zu sein, weil die Vena jugularis Anastomosen mit der andern Seite besitzt. Nun wird aber während des Einblasens (Inspiration) das Blut in den Venen angestaut und es kann diese Stauung ein Zurücktreten von Blut durch die Anastomosen hindurch zu der durchschnittenen Vene der andern Seite bewirken. Ein analoger Versuch (Tabelle und Tafel IV), den wir, um den Einfluss der Stauung auszuschliessen in der Vena femoralis anstellten, ergab, wenn auch mit weniger Deutlichkeit, dasselbe Resultat.

Unser Versuchsmaterial ist in dieser Beziehung nicht gross genug, um Schlüsse über das Zustandekommen der Blutdruckschwankungen durch die Athmung daraus zu ziehen; uns war es zunächst auch nur darum zu thun, an der Hand dieser Versuche die Brauchbarkeit unserer Methode darzustellen.

Meinem hochverehrten Lehrer Herrn Prof. Rich. Ewald, der mir das Thema zur Bearbeitung übergab, spreche ich für seine Anleitung und Unterstützung meinen verbindlichsten Dank aus.

Elsäss. Druck. vorm. G. Fischbach, Strassburg. — 2315.

Fig. 1.

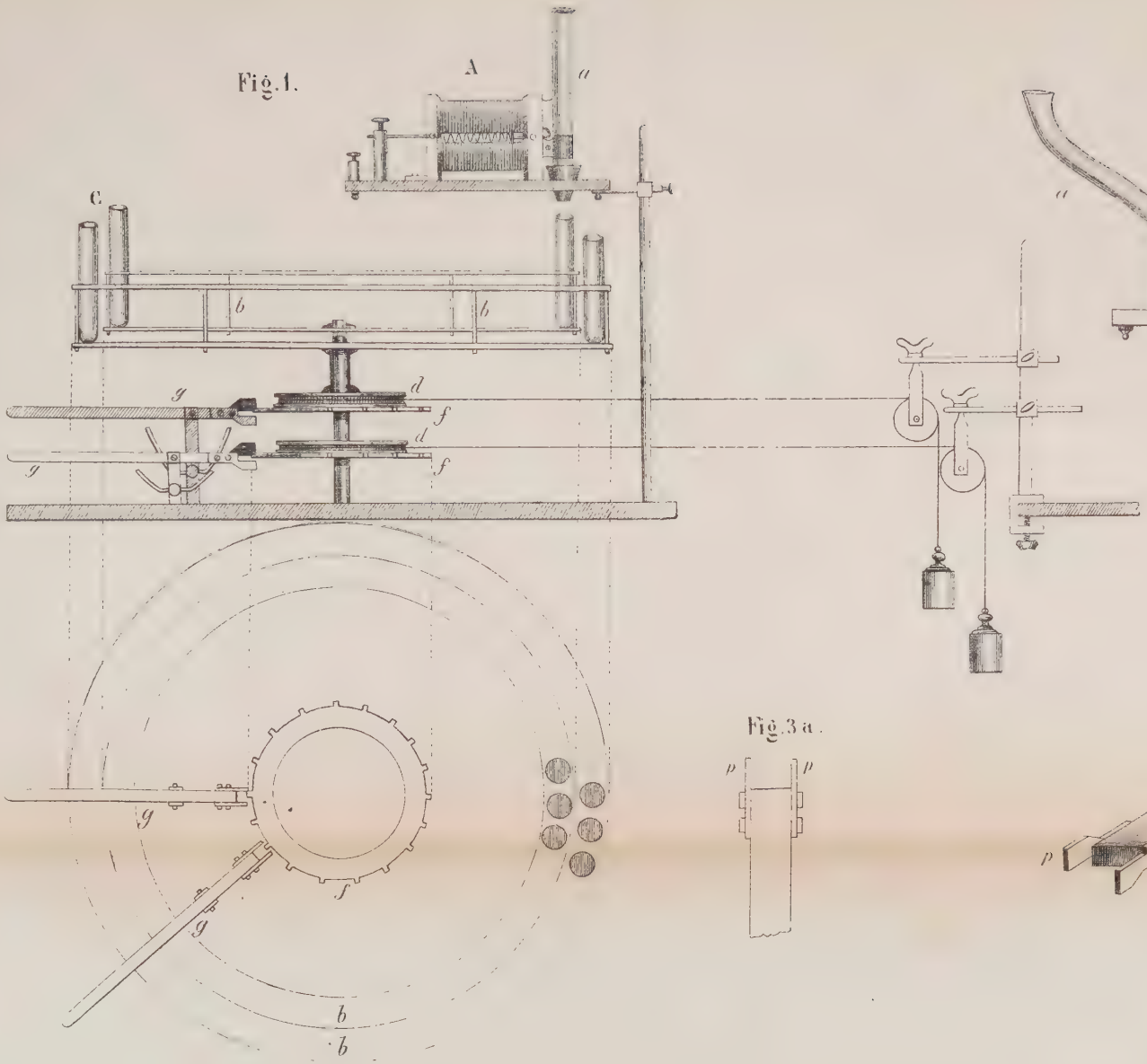


Fig. 2

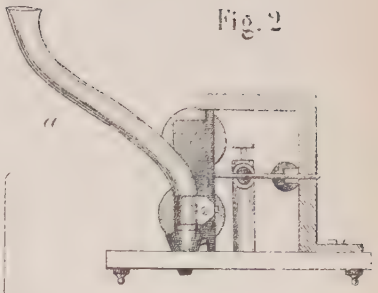


Fig. 3a.

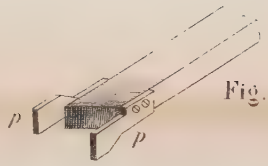
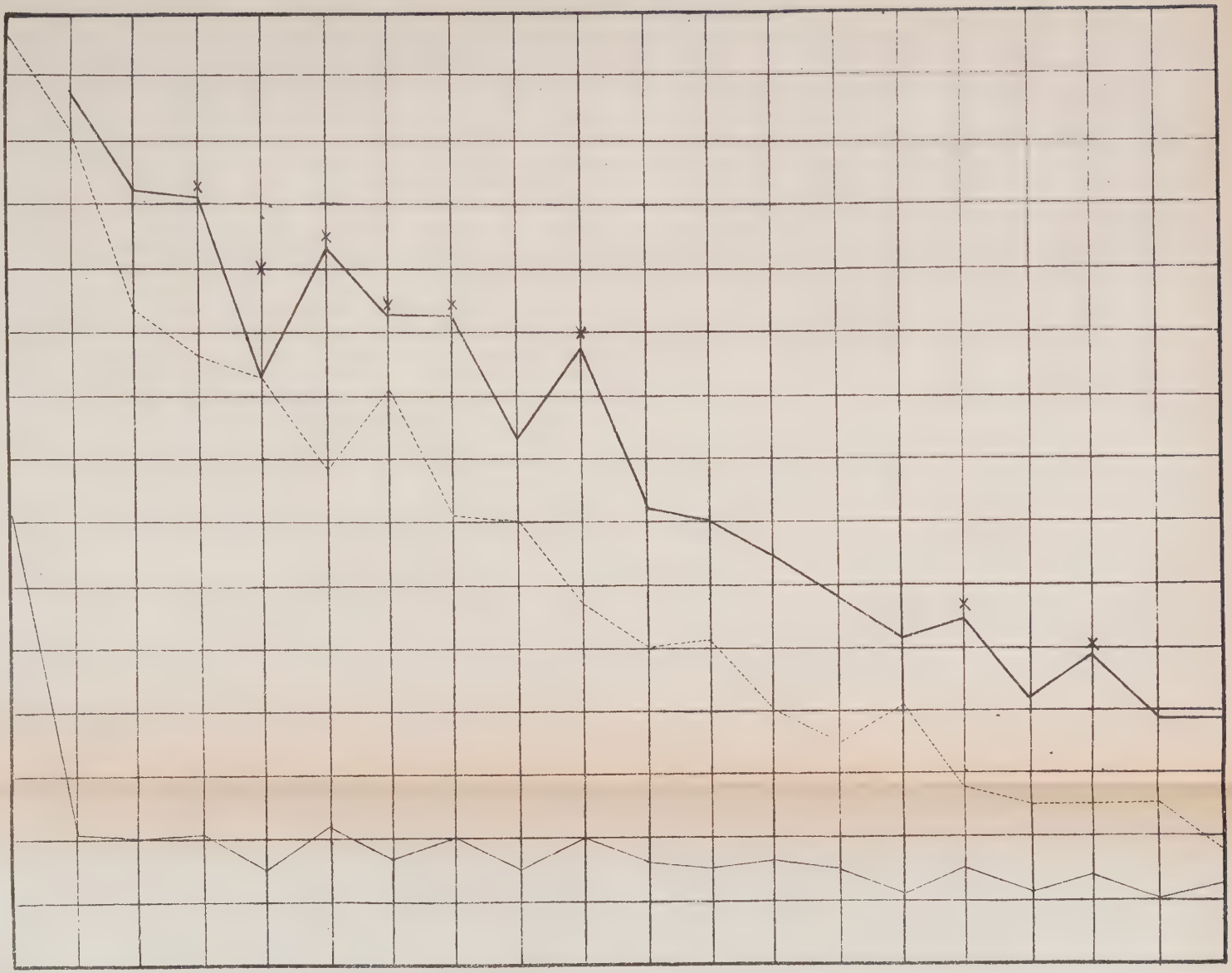


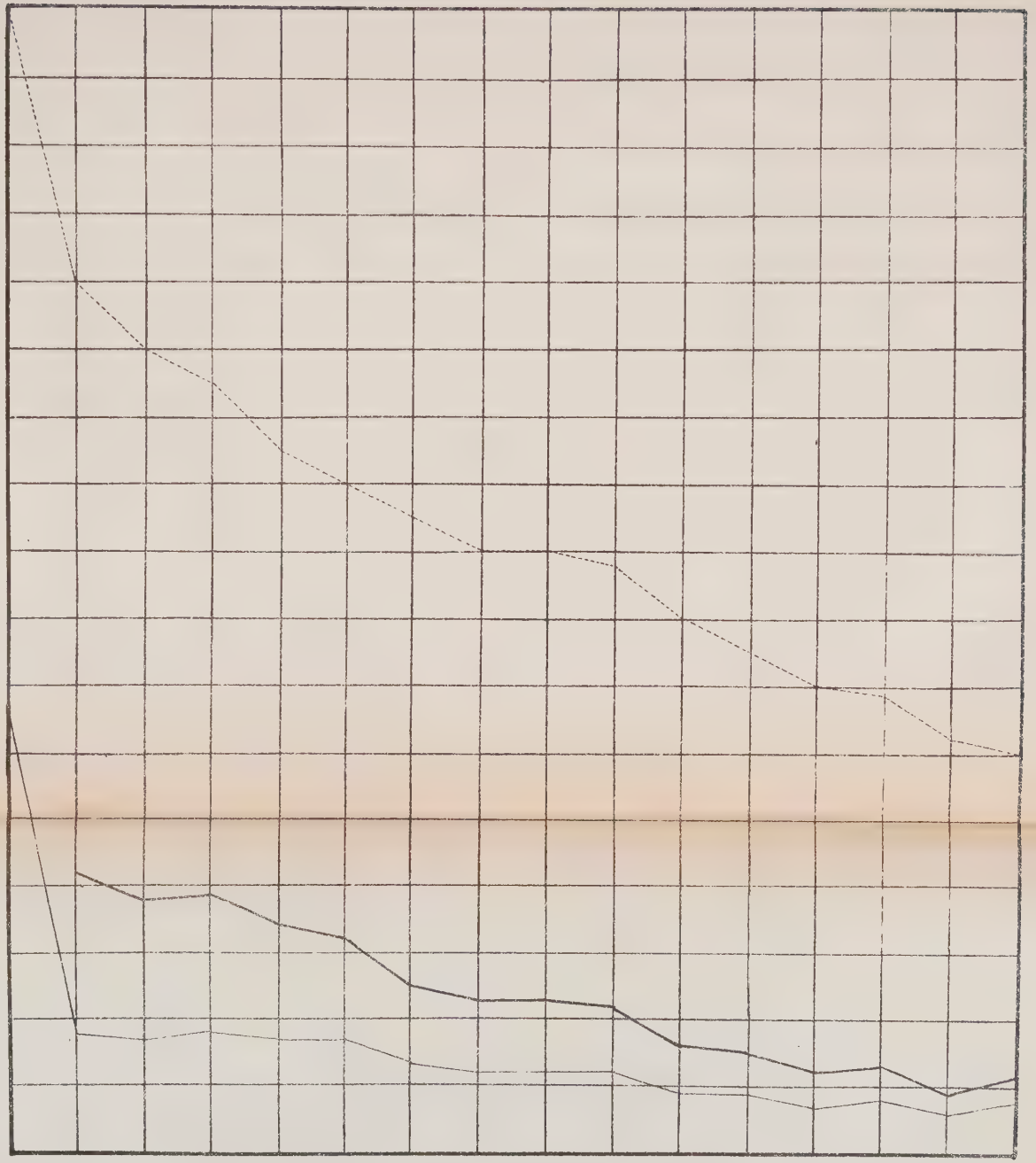
Fig. 3b.

Tafel I.



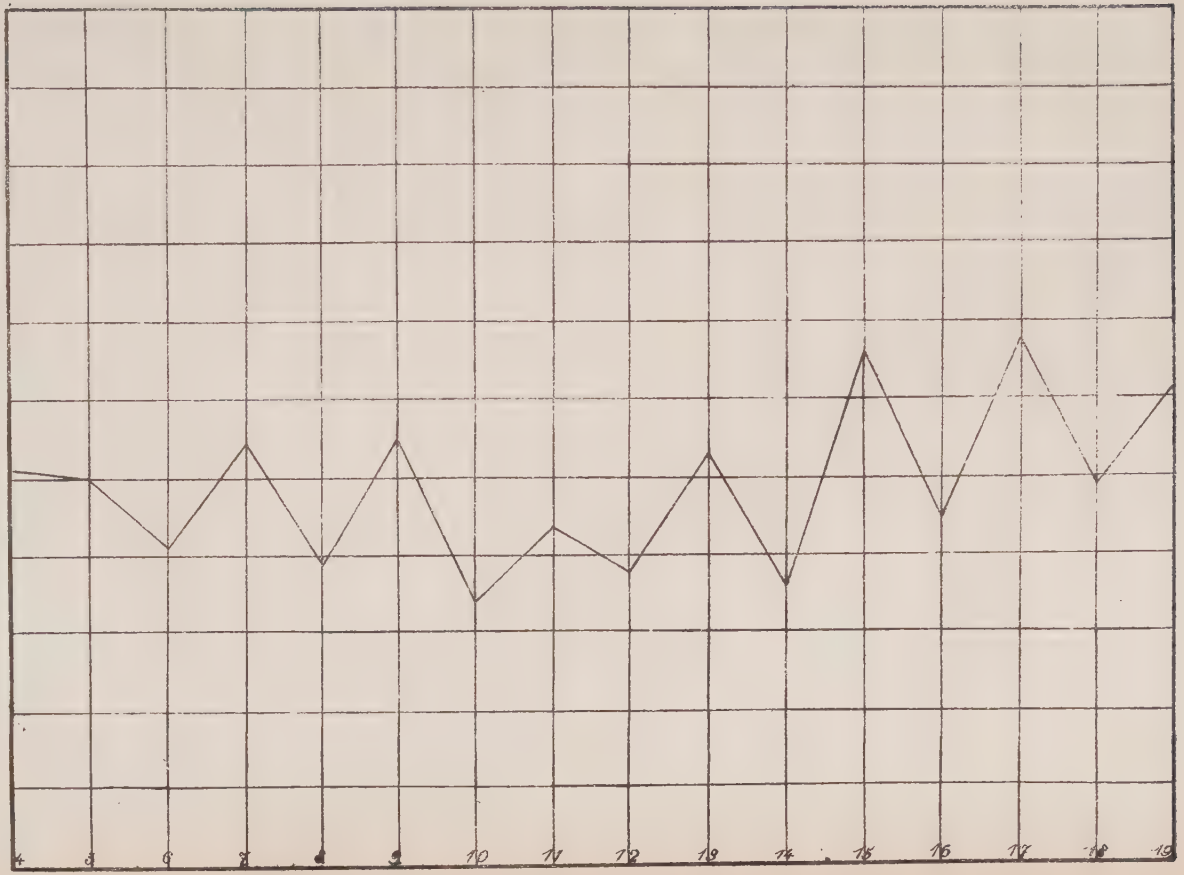
Auf dieser Tafel sind die in Tabelle I gegebenen Zahlen graphisch dargestellt, und zwar giebt die dicke ausgezogene Linie die Ausflussmengen, die gestrichelte die Blutdruckwerthe, die untere dünne Linie die zugehörigen Querschnitte an.

Tafel II.

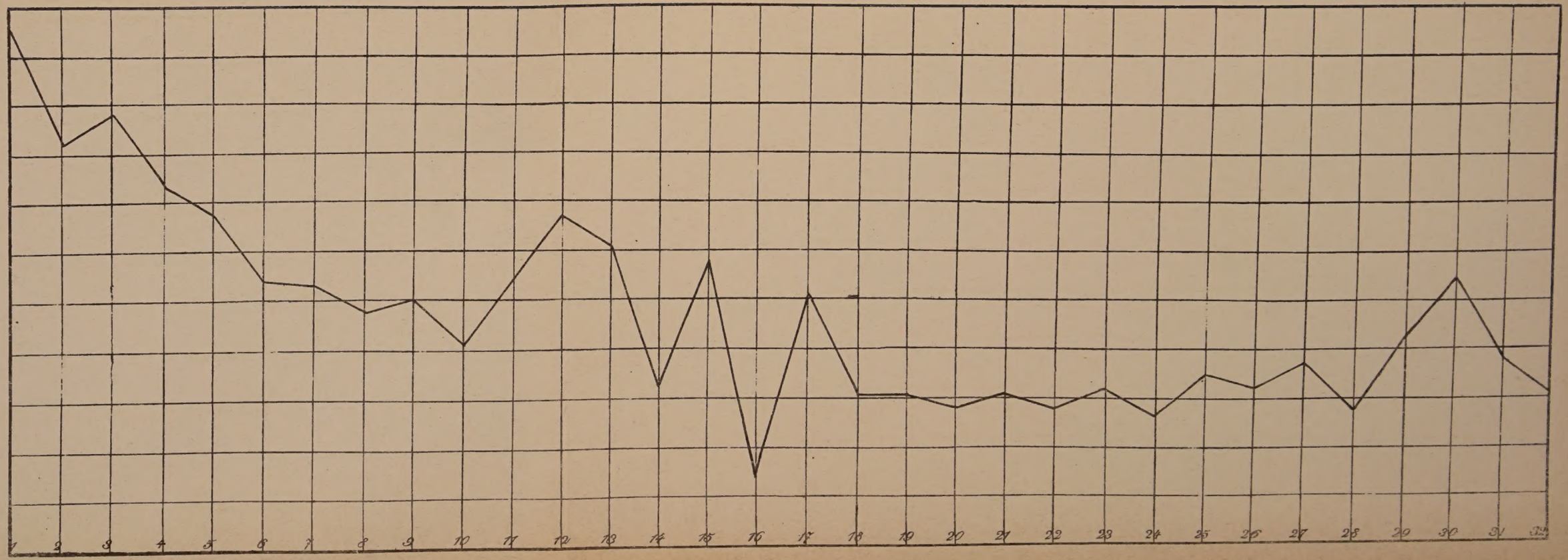


Die Curven haben dieselbe Bedeutung wie die der Tafel I und bilden eine graphische Darstellung der in Tabelle II gegebenen Zahlen.

Tafel III.



Tafel IV.


1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32